

PULVERIZAÇÃO EM TAXA VARIADA NA CULTURA DO ALGODÃO¹

ANDRÉ JÚNIO ANDRADE PERES¹, CARLOS GILBERTO RAETANO², FÁBIO HENRIQUE ROJO BAIO³, DANILO CARVALHO NEVES⁴, JHONATAN DIEGO CAVALIERI⁵

¹Departamento de Fitossanidade – Faculdade de Agronomia, UFG, Avenida Esperança, s/n, Cep. 74690-900, Goiânia, GO, Brasil, e-mail: andrejaperes@yahoo.com.

²Departamento de Proteção Vegetal – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp, Avenida Universitária, 3.780, Cep. 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, e-mail: carlos.raetano@unesp.br.

³CPCS – UFMS, Rodovia MS 306, Km 105, Cep. 79560-000, Chapadão do Sul, MS, Brasil, e-mail: fabiobaio@ufms.br.

⁴CPCS – UFMS, Rodovia MS 306, Km 105, Cep. 79560-000, Chapadão do Sul, MS, Brasil, e-mail: danilocna@gmail.com.

⁵Departamento de Proteção Vegetal – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp, Avenida Universitária, 3.780, Cep. 18610-034, Botucatu, SP, Brasil, e-mail: jdcavaliere@gmail.com.

RESUMO: O monitoramento do algodoeiro é realizado para identificar zonas de manejo para aplicação localizada de agroquímicos. A variação do volume de aplicação está entre as técnicas que determinam a qualidade das pulverizações. A inconstância da velocidade de deslocamento do pulverizador é um ponto agravante para a boa qualidade da operação. A presente pesquisa objetivou avaliar o espectro de gotas da pulverização e deposição da calda nas folhas, simulando uma aplicação à taxa variada, com variação do volume. Os tratamentos consistiram na pulverização dos volumes de 100 e 130 L.ha⁻¹. Foram analisados: diâmetro das gotas, amplitude relativa e depósito da pulverização em folha do terço superior do algodoeiro. Os pontos amostrais foram marcados com auxílio de GPS. A velocidade de deslocamento foi registrada pelo controlador eletrônico, obtendo as pressões de trabalho nas respectivas velocidades. O espectro de gotas foi determinado pelo analisador de gotas a laser e a deposição por espectrometria de fluorescência. Em taxa variada a uniformidade do espectro de gotas é inversamente proporcional à elevação da velocidade, pressão e volume de calda. Obteve incrementos de depósitos com volume de 130 L.ha⁻¹. Aplicação localizada de agroquímicos, utilizando variação do volume de aplicação, recomenda-se adotar maiores volumes de calda.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, tecnologia de aplicação, pulverização em taxa variada.

VARIABLE RATE OF SPRAYING IN COTTON CROP

ABSTRACT: Cotton crop monitoring is carried out to the identification of management zones for localized agrochemicals application. The application volume variation is the techniques that determine the spray quality. However, the inconstancy of spraying travel speed in field situations is an aggravating point for operation quality improvement. Thus, the present research aimed to evaluate the spray spectrum droplets and liquid deposition on leaves, simulating a variable rates application with volume variation. The treatments consisted in spraying volumes of 100 and 130 L.ha⁻¹. The replicates varied according to the analyzed variables: diameter of the droplets with 10, 50 and 90% of accumulated volume, relative amplitude and liquid deposit on the leaves from upper third. The samples points were marked using GPS. An electronic spray controller machine recorded the spraying speed of displacement, at each point, obtaining the working pressures at the respective speeds. The laser drop analyzer determined the droplet spectrum and the spray deposition were analyzed by fluorescence spectrometry. In spraying at varied rates, the droplet spectrum uniformity is inversely proportional to the speed increase, pressure and syrup volume. It obtained increment deposit when the volume of application reached 130 L.ha⁻¹. In a localized application of agrochemicals using the application volume variation technique it is recommended to adopt larger liquid volumes.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, application technology, spraying at varied rates.

1 INTRODUÇÃO

A variabilidade espacial e temporal dos fatores que influenciam a produtividade permite identificar zonas de manejo e tratamento localizado de diferentes regiões em um campo de produção (SALVADOR E ANTUNIASSI, 2011). Esses fatores comumente estão associados a variações no vigor das plantas. Essa técnica é aplicada em várias culturas, principalmente naquelas de alto valor de mercado e com alto custo de produção. Na cultura do algodoeiro, realiza-se monitoramento das plantas durante o desenvolvimento da cultura para identificar padrões que permitam identificar zonas de manejo para aplicação localizada de insumos (como fertilizantes, inseticidas, reguladores de crescimento, desfolhantes), proporcionando aumento da lucratividade, redução de custos e diminuição dos impactos ambientais (SALVADOR E ANTUNIASSI, 2011).

Há dois conceitos básicos para aplicação localizada de insumos: por mapeamento do atributo de interesse e pelo conceito da aplicação em tempo real com uso de sensores (BAIO E ANTUNIASSI, 2011). Pode ser realizada pela variação do volume de calda aplicado, variação da dose do produto, combinação das duas ou aplicação de taxa zero ou total num sistema liga-desliga (STAFFORD, 1995; ANTUNIASSI, 1999). Entre essas técnicas, a variação do volume de calda (ou taxa de aplicação) mediante mapeamento do atributo de interesse é bastante promissora.

A variação do volume de calda é realizada pela variação da pressão de aplicação, que pode ser em um conjunto de bicos na barra, ou com dois conjuntos de bicos com vazões diferentes (PAICE, 1993; FEKETE, 1996). Entretanto, um ponto agravante é a inconsistência da velocidade de deslocamento do pulverizador devido aos obstáculos na área. Dessa forma, haverá variação no espectro de gotas gerado pelo equipamento (MATUO, 1990). Atualmente, são raros os trabalhos que tratam da qualidade da pulverização adotando a técnica de variação

do volume. Assim, objetivou-se por meio desta pesquisa avaliar o espectro de gotas da pulverização e a deposição da calda nas folhas, simulando uma pulverização variando o volume da aplicação, na cultura do algodoeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Chapadão do Céu, Goiás, na fazenda Amambaí, no mês de maio de 2013 (latitude 18° 24' 27" S, longitude 52° 32' 56" W, altitude 725 m). Sendo instalado na cultura do algodoeiro, variedade FM 951 LL[®] e espaçamento de 0,45 m.

Para verificar a qualidade de uma pulverização utilizando a técnica de variação do volume sob influência da inconsistência da velocidade de deslocamento, foi simulada uma configuração do equipamento de aplicação para variar o volume entre 100 e 130 L.ha⁻¹. Assim, os tratamentos consistiram na pulverização dos volumes de calda de 100 e 130 L.ha⁻¹. As variáveis analisadas foram: diâmetro das gotas com 10, 50 e 90% do volume acumulado, amplitude relativa e depósito da calda na folha.

As aplicações foram realizadas por um pulverizador autopropelido John Deere 4730[®] (tamanho da barra de 30 m, espaçamento entre bicos de 0,50 m e altura de barra até o alvo de 0,50 m). Utilizou-se ponta modelo jato plano simples com indução de ar (Hypro[®] ULD 120-04), pressão de trabalho entre 100 e 800 kPa, vazão de 0,92 a 2,61 L.min⁻¹, produzindo gotas de tamanho médio a muito grossas, conforme especificado pelo fabricante (HYPRO, 2013).

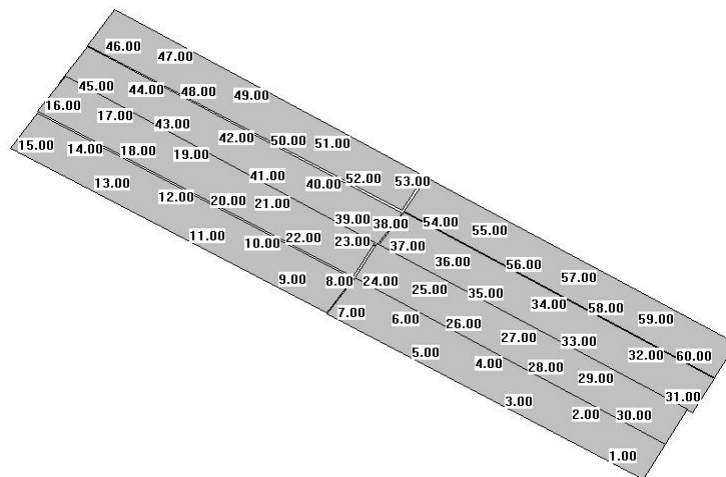
A pulverização foi realizada no período da manhã, com vento de 3,2 a 7,3 km.h⁻¹, monitorado por anemômetro digital Lutron, modelo AM - 4201, umidade relativa do ar 36 a 50% e temperatura entre 27,8 e 30,9° C, mensurado por termo higrômetro Lutron, modelo HT-3003.

Antes da pulverização, cada ponto de coleta foi marcado (Figura 1) pelo uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Após a aplicação foram coletados os dados de velocidade (Tabela 1) em cada ponto e,

consequentemente, da pressão de trabalho no controlador de pulverização da máquina. O volume de calda 100 L.ha^{-1} foi aplicado nos pontos de 01 ao 15 e 31 ao 45. Já o volume

130 L.ha^{-1} pulverizado nos pontos 16 ao 30 e 46 ao 60 (Figura 1). Cada ponto possuía área de $50 \text{ m} \times 30 \text{ m}$, totalizando 1500 m^2 .

Figura 1. Pontos demarcados pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS), em área aplicada com pulverizador autopropelido em taxa variada para os volumes de calda de 100 L.ha^{-1} (pontos de 01 ao 15 e 31 ao 45) e 130 L.ha^{-1} (pontos de 16 ao 30 e 46 ao 60), na cultura do algodoeiro



Fonte: Peres (2013)

Tabela 1. Classificação do tamanho da gota gerado em diferentes pressões conforme a velocidade de deslocamento de pulverizador autropelido (John Deere 4730[®]) nos volumes de 100 L.ha⁻¹ (pontos de 01 ao 15 e 31 ao 45) e 130 L.ha⁻¹ (pontos de 16 ao 30 e 46 ao 60), ponta Hypro[®] ULD 120-04

Ponto	Velocidade (kmh ⁻¹)	Pressão (kPa)	Tamanho da gota	Ponto	Velocidade (kmh ⁻¹)	Pressão (kPa)	Tamanho da gota
		240	muito			260	grossa
1	16,8		grossa	31	17,8		
2	18,3	280	grossa	32	19,8	330	grossa
3	18,7	290	grossa	33	20,1	340	grossa
4	19,6	320	grossa	34	23,7	480	grossa
5	20,4	350	grossa	35	24,1	490	grossa
6	21,3	380	grossa	36	24,8	510	grossa
7	24,7	510	grossa	37	25,2	540	grossa
8	25,7	550	grossa	38	25,8	560	média
9	24,3	500	grossa	39	24,2	490	grossa
10	22,1	410	grossa	40	23,8	470	grossa
11	21,8	400	grossa	41	22,5	430	grossa
12	20,1	340	grossa	42	21,1	380	grossa
13	19,7	320	grossa	43	19,9	340	grossa
14	18,7	290	grossa	44	19,2	310	grossa
15	18,4	280	grossa	45	18,1	270	grossa
16	18,1	460	grossa	46	18,0	460	grossa
17	18,8	500	grossa	47	18,2	470	grossa
18	19,4	540	grossa	48	20,2	580	média
19	20,1	570	média	49	20,2	580	média
20	20,3	580	média	50	22,3	710	média
21	22,8	730	média	51	22,5	720	média
22	23,1	750	média	52	25,1	890*	-
23	23,4	780	média	53	24,9	880*	-
24	25,5	920*	-	54	25,0	890*	-
25	23,1	750	média	55	23,5	780	média
26	22,2	700	média	56	22,7	730	média
27	20,1	570	média	57	22,1	690	média
28	19,7	550	grossa	58	20,3	580	média
29	18,3	470	grossa	59	20,0	570	média
30	16,9	400	grossa	60	19,9	560	média

*Pressão de trabalho acima da recomendação para ponta Hypro ULD 120-04.

Fonte: HYPRO (2013)

A deposição da pulverização foi avaliada na quinta folha de cima para baixo na planta. É a primeira folha completamente desenvolvida a partir do ápice possibilitando recuperar o maior número de gotas (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

Empregou-se como marcador Rhodamina B[®] a 40 ppm em água. Após a pulverização foi retirada uma folha de cinco plantas próximas entre si e acondicionou-se a

mesma em saco plástico; posteriormente o material foi levado a uma caixa com isolamento térmico.

No laboratório da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul, adicionou-se 30 ml de solução aquosa (contendo o extrator Tween 80) em cada saco plástico. Em seguida as amostras foram levadas a mesa agitadora orbital a 120 rpm por 30 minutos. A solução extraída da lavagem das

folhas foi colocada em recipiente de vidro e acondicionada em refrigerador Brastemp, modelo Frost Free 330 ($8 \pm 3^\circ \text{C}$) para posterior leitura do depósito em espectrômetro de fluorescência da marca Turner Desings (Sunnyvale, CA, EUA), modelo Trilogy.

A medição da área foliar de cada folha coletada, para a quantificação do depósito, foi realizada logo após a extração do marcador. As folhas foram digitalizadas em “scanner” de mesa com resolução de 150 dpi da marca HP modelo Deskjet F4280[®]. Para determinação da área foliar por meio digital utilizou-se o programa ImageJ 1.45[®] (BAUERMAN, 2009).

Com as concentrações obtidas no espectrômetro de fluorescência (ppm), sabendo a concentração inicial (40 ppm) e o volume de diluição para extração do marcador (30 mL), determinou o volume retido nos alvos, conforme a Equação 1. De posse deste valor e da área foliar, os dados foram transformados para microlitro por cm^2 ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$).

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad (1)$$

Onde:

C_i = concentração inicial do marcador na calda de pulverização (40 ppm)

V_i = volume extraído pelo alvo (mL)

C_f = concentração obtida pela leitura do espectrômetro de fluorescência (ppm)

V_f = volume de diluição da amostra (30 mL)

No Laboratório de Análises de Partículas (LAPAR) da FCAV - UNESP – Campus de Jaboticabal-SP, foi avaliado o

espectro das gotas da pulverização por meio de um analisador a laser (Mastersizer[®]) em tempo real. Assim, foi possível determinar o diâmetro da gota com 10 ($D_{v0,1}$), 50 ($D_{v0,5}$) e 90% ($D_{v0,9}$) do volume acumulado.

Durante as avaliações a temperatura se manteve em $25 \pm 1^\circ \text{C}$ e a umidade relativa do ar em $59 \pm 2\%$. As análises foram realizadas em laboratório e com as luzes apagadas para evitar interferências na leitura do equipamento com o feixe de laser.

Para o cálculo da amplitude relativa (Índice Span), empregou-se a Equação 2:

$$\text{Span} = D_{v0,9} - D_{v0,1} / D_{v0,5} \quad (2)$$

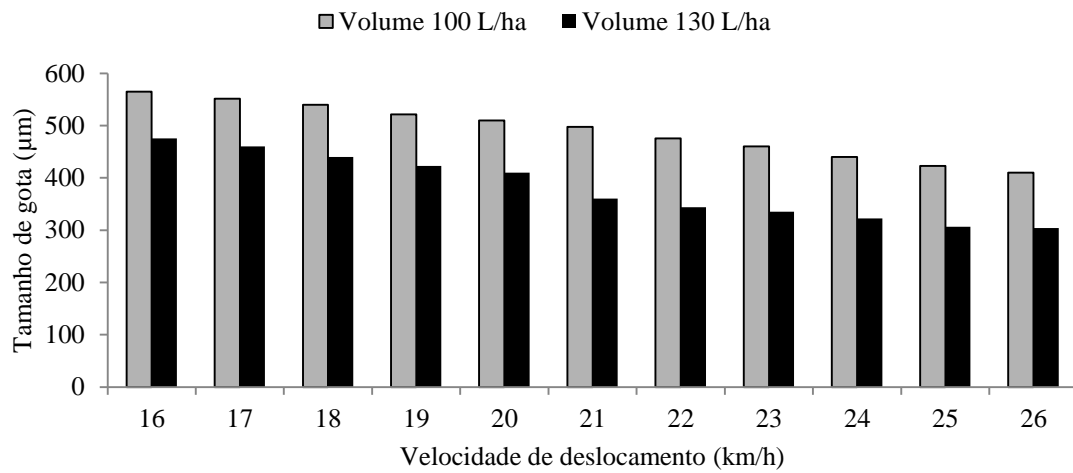
Aplicou-se o teste de Hartley para verificar a homocedasticidade das variâncias. As médias dos tratamentos foram submetidas à ANOVA e teste de Tukey para verificação das diferenças significativas com um grau de confiança superior a 95% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A faixa de linearidade da leitura da absorbância observada foi obtida com as concentrações de 6,25; 12,5; 25 e 50 ppb, com a equação linear ajustada com linearidade ($r^2=0,97$).

Alteração na velocidade de deslocamento de um pulverizador autopropelido altera a pressão de trabalho. Aumentando a pressão haverá aumento da vazão, redução do tamanho de gota e elevação do risco de deriva, diminuindo a pressão haverá produção de gotas maiores e risco de escorrimento (Figura 2). Assim, o processo altera a qualidade da aplicação (MATUO, 1990).

Figura 2. Tamanho de gota em função da velocidade de deslocamento de pulverizador autopropelido, ponta Hypro® ULD 120-04, nos volumes 100 e 130 Lha⁻¹



Fonte: Peres (2013)

Na Tabela 2 estão apresentados os espectros das gotas da pulverização formados em diferentes pressões de trabalho pela ponta

ULD 120-04, nos respectivos volumes de aplicação.

Tabela 2. Diâmetro da gota com 10 (Dv0,1), 50 (Dv0,5) e 90% (Dv0,9) do volume acumulado e Amplitude Relativa da ponta Hypro® ULD 120-04 em diferentes pressões

Pressão (kPa)	Dv 0,1	Dv 0,5	Dv 0,9	Amplitude Relativa
100 L ha⁻¹				
200	224 a ¹	565 a	797 a	1,0 a
248	205 ab	551 a	792 a	1,1 ab
282	200 bc	540 ab	652 a	1,1 abc
317	189 bcd	522 bc	773 a	1,1 bc
345	179 cde	510 c	771 a	1,2 cd
386	179 cde	498 cd	760 a	1,2 cde
421	169 def	476 de	755 a	1,2 def
455	164 ef	460 ef	740 a	1,3 ef
497	158 ef	440 fg	731 a	1,3 fg
552	150 f	423 gh	721 a	1,4 g
600	148 f	410 h	715 a	1,4 g
C. V. %	4,2	1,8	9,6	2,4
130 L ha⁻¹				
421	169 a	475 a	754 ab	1,23 a
455	164 ab	460 ab	740 ab	1,25 a
497	158 ab	440 bc	731 bc	1,30 ab
552	150 bc	423 c	721 bc	1,35 abc
600	148 bc	410 c	715 c	1,38 bc
690	134 cd	361 d	663 d	1,47 cd
745	128 de	344 de	654 de	1,53 d
841	123 de	336def	647 def	1,56 de
897	120 de	323 ef	635 efg	1,59 de
966	114 e	307 f	624 fg	1,66 e
1048	111 e	304 f	620 g	1,67 e
C.V. %	4,3	2,9	1,2	3,0

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Peres (2013)

Ao se elevar a pressão houve redução significativa do diâmetro das gotas nos diversos volumes acumulados, conforme afirmaram Paice (1993), Fekete (1996) e Matuo (1990). A exceção se deu para o diâmetro da gota com 90% do volume acumulado, devido provavelmente a menores pressões de trabalho, e assim, proporcionando espectro de gotas mais homogêneo, apresentado no volume de 100 L.ha⁻¹. Cunha et al. (2003) trabalhando com bico anti-deriva ADI 110-02 nas pressões de 200, 300 e 400 kPa também não encontraram diferença significativa entre as pressões para Dv0,9 e maior homogeneidade com a menor pressão, enfatizando a necessidade de trabalhar com os bicos de pulverização em pressões mais baixas, próximas ao limite inferior indicado

pelo fabricante para a boa uniformidade de distribuição.

O espectro de gotas mais homogêneo foi obtido com pressões mais baixas, nos dois volumes testados. Houve a tendência da elevação da amplitude relativa conforme aumento da pressão, com índice 1,0 (200 kPa) e 1,4 (600 kPa) no volume 100 L.ha⁻¹ e 1,2 (421 kPa) e 1,7 (1.048 kPa) no volume 130 L.ha⁻¹. Baseado no conceito apresentado por Baesso et al. (2014) a uniformidade do espectro de gotas é inversamente proporcional a pressão e volume de calda.

Para aplicação localizada de produto fitossanitário à taxa variada, mediante variação do volume pulverizado, sugere-se a utilização de pontas que permitam ampla variação na vazão para suportar a alteração da velocidade e

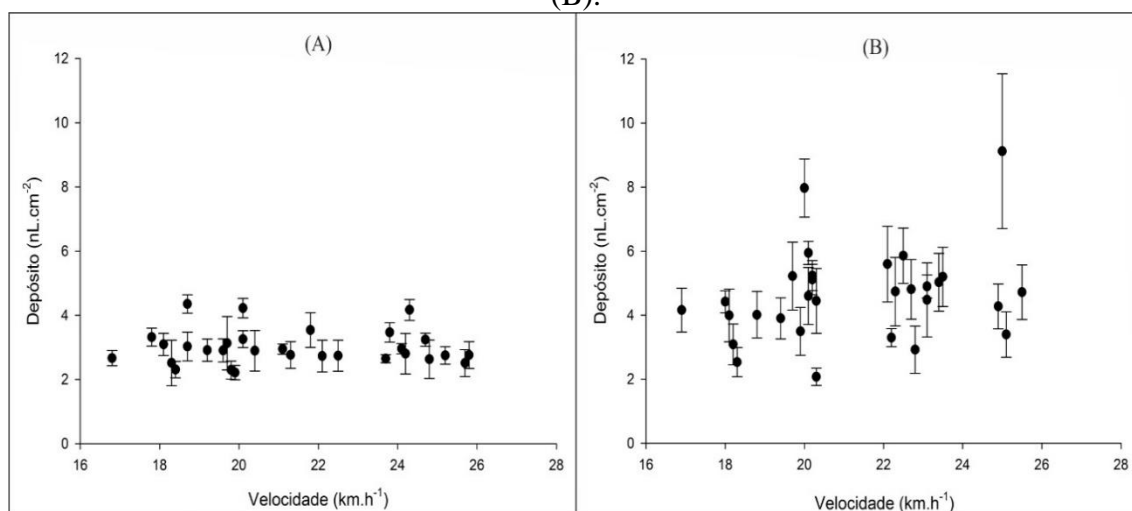
manter o volume de calda. Assim, não haveria necessidade de troca de pontas durante a pulverização, o que dificultaria a adoção da tecnologia.

Os resultados obtidos são condizentes com as especificações das características da ponta ULD 120-04 informadas pelo fabricante, o qual recomenda trabalhar à pressões entre 100 e 800 kPa, com vazão de 0,92 a 2,61 L.min⁻¹, produzindo gotas média a muito grossa (HYPRO, 2013).

Vale ressaltar que no volume de 130 L.ha⁻¹, quatro velocidades que elevaram a pressão acima do limite de 800 kPa da ponta escolhida; reforçando a necessidade de escolher a ponta e volume de calda adequados para a aplicação da tecnologia de taxa variada.

Em relação ao depósito da pulverização em ambos os volumes testados, a velocidade de deslocamento não influenciou quantitativamente na deposição (Figura 3).

Figura 3. Média de depósito e desvio-padrão no volume de 100 L.ha⁻¹(A) e volume de 130 L.ha⁻¹(B).



Fonte: Cavalieri (2013)

Nos gráficos acima, são apresentadas a média do depósito e respectivo desvio-padrão em cada ponto. Os dados apresentam uma tendência em que a variação da velocidade de 16 para 26 km/h não influenciou a deposição na parte superior do algodoeiro. Não houve uma curva que ajustasse aos dados.

A velocidade de trabalho do pulverizador tem grande influência na qualidade da pulverização (HILZ; VERMEER, 2013). Além do mais, dependendo da topografia da área tratada, maior velocidade de trabalho favorece oscilações verticais e horizontais da barra dos pulverizadores terrestres (NUYTTENS et al., 2007).

Zaidan et al. (2012), trabalhando em condições de alta velocidade (35 km/h), encontraram melhor desempenho de depósito da calda com produção de gotas de tamanho médio com maior uniformidade do espectro. Da mesma forma, com produção de gotas médias, o aumento da velocidade não

influenciou na deposição da calda na superfície adaxial de folhas de algodoeiro, aos 74 dias após a semeadura, enquanto a produção de maior porcentagem de gotas finas ocasionou redução na deposição (CAVALIERI et al., 2015).

A consequência do aumento da velocidade de deslocamento é o maior vento relativo entre a barra e o alvo, exercendo efeito de freio à descida da gota gerada, principalmente de gotas mais finas (BOLLER, 2011).

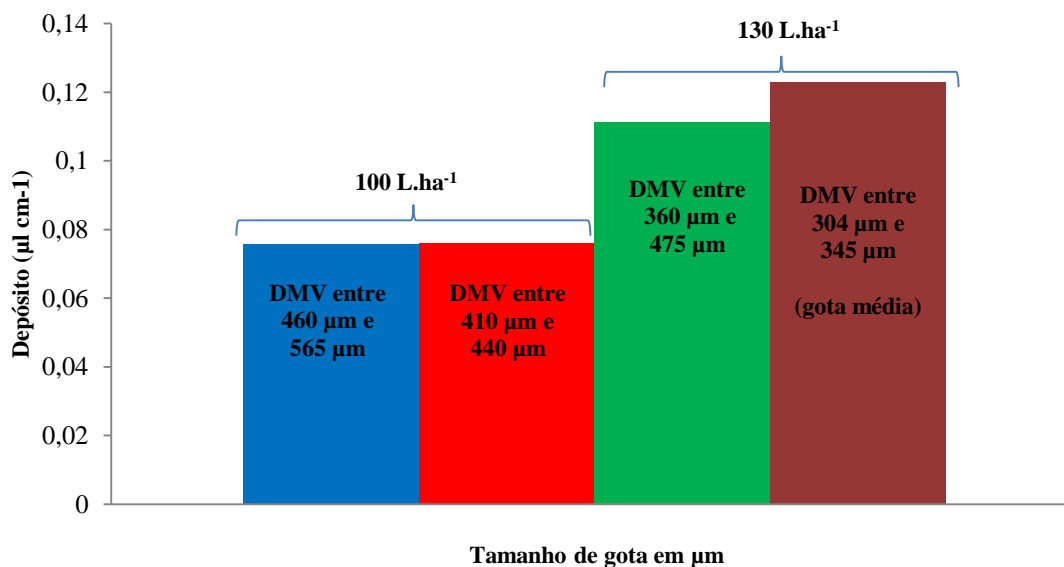
De acordo com os resultados encontrados na presente pesquisa, bem como nos resultados de Zaidan (2012) e de acordo com Cavalieri et al. (2015), pode-se pressupor que a velocidade de deslocamento do pulverizador não influencia na qualidade da pulverização quando se associam produção de gotas médias e grossas com menor amplitude relativa, evitando produção de gotas finas.

Qi, Miller, Fu (2008) estudando o efeito do impacto do vento sobre a porcentagem de deriva das gotas em túnel de vento, observaram maiores porcentagens de deriva com menor diâmetro de gotas.

Na Figura 4 são apresentadas as médias dos depósitos da pulverização nos respectivos

volumes de aplicação e tamanho das gotas. Os maiores depósitos da pulverização foram obtidos com gotas de tamanho médio a grossa com maior volume de calda (130 L.ha⁻¹). Os resultados corroboram com os obtidos por Boschini (2006), Cunha et al. (2005) e Gabriel e Baio (2013).

Figura 4. Média dos depósitos da pulverização e classificação do tamanho das gotas gerado em cada volume de aplicação



Fonte: Peres (2013)

Segundo normas da Associação Americana de Engenharia Agrícola (ASAE), a classificação do tamanho de gota média varia de DMV aproximado de 250 -350 µm, gota grossa de 350 - 450 µm, gota muito grossa de 450 - 550 µm, além de classificar em extremamente grossa acima de 550 µm. Já na classificação do Conselho Britânico de Proteção de Culturas (BCPC), gota média varia de 217 a 352 µm, gota grossa de 353 - 464 µm e gota muito grossa acima de 464 µm, não classificando gotas em extremamente grossa (BROWN-RYTLEWSKI; STATON, 2006 apud RAETANO, 2011; COUTINHO et al., 2005).

Assim, pressupõem-se que o tamanho de gotas gerado pelo aumento da velocidade, variando de 304 a 345 µm (gota média), proporcionado pelo volume de 130 L.ha⁻¹, foi suficiente para não sofrer influência da ação da camada de ar entre a barra do pulverizador e o alvo e ao mesmo tempo proporcionar maiores

depósitos da pulverização em comparação às gotas de maior diâmetro obtido com o menor volume (100 L.ha⁻¹), uma vez que gotas menores promovem maior cobertura do alvo, e assim, maiores depósitos.

4 CONCLUSÕES

Na pulverização em taxa variada a uniformidade do espectro de gotas é inversamente proporcional a elevação da velocidade, pressão e volume de calda.

A inconsistência da velocidade de deslocamento não influencia o depósito da pulverização.

Obteve melhores depósitos quando o volume de aplicação atingiu 130 L.ha⁻¹.

Em uma aplicação localizada de insumos utilizando a técnica da variação do volume de aplicação recomenda-se adotar maiores volumes de aplicação.

5 REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R. **Avaliação de sistemas de injeção de defensivos para utilização em agricultura de precisão**. 1999. Tese (Livre Docência em Mecanização Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, Botucatu: FEPAF, 2011. 279 p.
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Botucatu: FEPAF, 2011.
- BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A; BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, suplemento, p. 780-785, 2014.
- BAIO, F. H. R.; ANTUNIASSI, U. R. Sistemas de controle eletrônico e navegação para pulverizadores. *In*: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Botucatu: FEPAF, 2011, p. 123-141.
- BAUERMANN, G. **Como usar o ImageJ**. Bethesda: National Institutes of Health, 2009. Disponível em: <http://www.imagesurvey.com.br/2009/02/como-usar-o-imagej>. Acesso em: 01 ago. 2013.
- BOLLER, W. Avanços tecnológicos em pontas de pulverização. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 5., 2011, Cuiabá. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2011b. 1 CD-ROM.
- BOSCHINI, L. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume de aplicação de aplicação, na cultura da soja**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.
- CAVALIERI, J. D.; RAETANO, C. G.; MADUREIRA, R. P.; MOREIRA, L. L. Q. Spraying systems and traveling speed in the deposit and spectrum of droplets in cotton plant. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 6, p. 1042-1052, 2015.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. De posição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 127-138, 2005.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.
- FEKETE, A. Fertilizer application rate control for precision farming. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6., 1996, Cancun. **Proceedings...** Michigan: ASABE, 1996. p. 557-562.
- GABRIEL, R. R. F.; BAIO, F. H. R. Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO₂. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 164-169, 2013.

HILZ, E.; VERMEER, A. W. P. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. **Crop Protection**, Lincoln, v. 44, p. 75-83, 2013.

HYPRO. **Catálogo de pontas de pulverização**. Longstanton: Hypro Corporation, 2013. Disponível em: <http://www.setapulverizacao.com.br/artigos/CatalogoBicosPulverizacaoHypro.pdf>. Acesso em: 06 de novembro de 2013.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M.; BAETENS, K.; SONCK, B. The influence of operator-controlled variables on spray drift from field crop sprayers. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 50, n. 4, p. 1129-1140, 2007.

PAICE, M. **Patch spraying**. [S. l.]: Agricultural Engineer Inc., 1993.

QI, L.; MILLER, P. C. H.; FU, Z. The classification of the drift risk of sprays produced by spinning discs based on Wind tunnel measurements. **Biosystems Engineering**, Arizona, v. 100, n. 1, p. 38-43, 2008.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. *In*: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Botucatu: FEPAF, 2011, p. 15-26.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

SALVADOR, A.; ANTUNIASSI, U. R. Imagens aéreas multiespectrais na identificação de zonas de manejo em áreas de algodão para aplicação localizada de insumos. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 2, p.1-19, 2011.

STAFFORD, J. V. Precision agriculture: sensing, positioning and application machinery requirements. **Danish Institute Plant Soil Science**, Copenhagen, v. 1, n. 26, p. 10-20, 1995.

ZAIDAN, S. E.; GADANHA JUNIOR, C. D.; GANDOLFO, M. A.; PONTELLI, C. O.; MOSQUINI, W. W. Performance of spray nozzles in land applications with high speed. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1126-1132, 2012.